

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**  
**Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou**  
**Faculté Des Sciences Biologiques Et Des Sciences Agronomiques**  
**Département de biologie**



**Mémoire**  
**En vue d'obtention du diplôme de**  
**Master**  
**En écologie et environnement**  
**Spécialité : Biodiversité et environnement**  
**Thème**

**Étude de l'effet du Gasoil sur la germination et la croissance de la  
lampourde *Xanthium strumarium* L. (Asteracea) au laboratoire.**

**Présenté par :**

M<sup>r</sup> AMMOUR Fateh

**Devant le jury composé de :**

**Présidente : M<sup>me</sup>. MESTAR GUECHAOUIN.**

**M.C.B à L'UMMTO**

**Promotrice : M<sup>me</sup>. SADOUDI ALI AHMED DJAMILA**

**Professeur à L'UMMTO**

**Co-promoteur : M<sup>r</sup>. DIB DJAFFER**

**Doctorant à L'UMMTO**

**Examinatrice : M<sup>lle</sup>. BACHI K.**

**M.C.B à L'UMMTO**

***Promotion : 2019/2020***

## *Remerciements*

*Je remercie tout d'abord le bon Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour réaliser ce travail*

*je tiens par la suite à exprimer mes vifs remerciements, à ma promotrice, Mme SADOUDI - ALI AHMED D. Professeur à l'UMMTO pour son encadrement scientifique, ses*

*précieux conseils, son soutien et ses encouragements tout au cours de mon travail.*

*mes vifs et sincères remerciements à mon co-promoteur Mr DIB Djaffer, qui par ses encouragements renouvelés, ses remarques pertinentes, ses conseils, sa disponibilité, et son soutien qui*

*n'a jamais fait défaut, j'ai pu achever mon travail de recherche dans les meilleures conditions.*

*Je tiens à remercier la présidente Mme MESTAR GUECHAOUI N. et l'examinatrice Mlle. BACHI K. qui ont fait l'honneur d'examiner ce travail.*

*Mes sincères remerciements vont également à toutes les équipes de laboratoires de pathologie des*

*écosystèmes de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou : Mme CHIBANE G, Mlle OULTAF.*

*Je remercie tous les enseignants qui ont contribué à ma formation universitaire. Et le personnel de la bibliothèque des Sciences Biologiques et Agronomiques : Mme MAHIOUT N, Mme SAIDAMER F, Mme KOUIDER D et Mr. OUALI Amar.*

*Enfin, un grand merci à ma famille et, mes amis et à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.*

## ***Dédicaces***

*Je dédie ce modeste travail à mes chers parents les prunelles de mes yeux pour  
leurs soutiens morale et  
matériel.*

*Tout au long de mes études, que Dieu tout puissant me les protège et leur accorde  
une longue vie pleine de  
bonheur et de santé*

*(Abdenmour ET Ouerdia).*

*A mes très chers frères et sœurs, Abedellah, Abedelkader, Ali, Ahmed, Fatiha,  
Razika, Fouria et Farida qui m'ont beaucoup aidé ainsi que ma nièce Aya et son  
frère Abdraouf.*

*A tous mes cousins(es), tantes et oncles et leurs enfants.*

*A mes ami (es), Lyes H, Smail B, kader O, Lyes B, Hamza, Hachimi B, Jugu B,  
Juba, Kamel, Boujamaa S, Redha, Yacine F, Mustapha, Ali M, Samir M,  
Sofiane B, Hocine, Bilal, Ibrahim, Abdenmour A, Djedjiga A.H, Kenza, Zohra,  
Kamilia, Zahia, Cylia, Yamina (Binôme) et à tous les gens qui me connaissent de  
près ou de loin.*

*A toute la promotion de Biodiversité et Environnement 2019/2020.*

## Listes des figures

<b>Figure 01.</b> Structure moléculaire de base des principaux hydrocarbures pétroliers.....	4
<b>Figure 02.</b> Exemple de composition d'un gazole européen .....	7
<b>Figure 03.</b> Devenir des hydrocarbures pétroliers au sein de la colonne d'eau et des sédiments	10
<b>Figure 04.</b> Plante adulte de <i>Xanthium strumarium</i> . (A) ; Pousse âgée de 10 jours (B).....	14
<b>Figure 05.</b> Tige du <i>Xanthium strumarium</i> .....	14
<b>Figure 06.</b> Racines du <i>Xanthium strumarium</i> .....	15
<b>Figure 07.</b> Fruits et graines de <i>Xanthium strumarium</i> .....	15
<b>Figure 08.</b> Photos montrant la croissance du <i>Xanthium strumarium</i> dans les décharges (B) et les bords de route (A) .....	16
<b>Figure 09.</b> <i>Xanthium strumarium</i> en Europe et Afrique du Nord .....	17
<b>Figure 10.</b> Terreau universel.....	18
<b>Figure 11.</b> Dispositif expérimental de l'essai au laboratoire.....	20
<b>Figure 12.</b> Taux de germination de la lampourde sur les différents sols contaminés et le témoin.....	23
<b>Figure 13.</b> Taux de germination cumulé de <i>Xanthium strumarium</i> dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil .....	24
<b>Figure 14.</b> Levée des graines de la lampourde dans le sol témoin après deux semaines de culture.....	25
<b>Figure 15.</b> Levée des graines de la lampourde dans le sol contaminé à 2.5 % après deux semaines de culture .....	26
<b>Figure 16.</b> Levée des graines de la lampourde dans le sol contaminé à 5 % après deux semaines de culture .....	26
<b>Figure 17.</b> Levée des graines de la lampourde dans le sol contaminé à 7.5 % après deux semaines de culture .....	27

<b>Figure 18.</b> Levée des graines de la lampourde dans le sol contaminé à 10 % après deux semaines de culture .....	27
<b>Figure 29.</b> Hauteurs des plantes de la lampourde dans le sol témoin et les sols contaminés par le gasoil à différentes concentrations .....	28
<b>Figure 20.</b> Longueur moyenne de la partie racinaire de la lampourde dans le sol témoin et les sols contaminés par le gasoil à différentes concentrations.....	30
<b>Figure 21.</b> Biomasse aérienne de la lampourde dans le sol témoin et les sols contaminés par le gasoil à différentes concentrations .....	32

**Liste des tableaux**

<b>Tableau 01</b> : composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers .....	3
<b>Tableau 02</b> : propriétés physico-chimiques du gasoil.....	8
<b>Tableau 03</b> : synthèse des travaux réalisés sur les effets du gasoil sur le <i>Xanthium strumarium</i> .....	12
<b>Tableau 04</b> : caractéristiques du terreau universel.....	18
<b>Tableau 05</b> : analyse de la variance de la levée de la lampourde .....	24
<b>Tableau 06</b> : groupes homogènes de la levée de la lampourde déterminée par le test NEWMAN et KEULS .....	25
<b>Tableau 07</b> : analyse de la variance de la longueur moyenne de la partie aérienne des plantes de la lampourde .....	28
<b>Tableau 08</b> : groupes homogènes de la longueur moyenne de la partie aérienne de la lampourde déterminés par le test NEWMAN et KEULS .....	29
<b>Tableau 09</b> : analyse de la variance de la longueur moyenne de la partie racinaire des plantes de la lampourde .....	30
<b>Tableau 10</b> : groupes homogènes de la longueur moyenne de la partie racinaire de la lampourde déterminés par le test NEWMAN et KEULS .....	31
<b>Tableau 11</b> : analyse de la variance de la biomasse moyenne de la partie aérienne des plantes de la lampourde .....	32
<b>Tableau 12</b> : groupes homogènes de la biomasse moyenne de la partie aérienne de la lampourde déterminée par le test NEWMAN et KEULS .....	33

**Liste des abréviations**

**REP** : Répétition

**D** : Dose

**LMR** : Longueur moyenne des racines

**BA** : La biomasse aérienne

**Pa** : Pascale

**TU** : Terreau universel

**BTEX** : Benzène, Toluène, Ethylène, Xylène

---

**Sommaire**

Introduction .....	1
--------------------	---

**Chapitre I : Synthèse bibliographique**

1. Généralités sur les hydrocarbures.....	3
1.1. Définition des hydrocarbures .....	3
1.2. Classification des hydrocarbures .....	3
1.2.1. Hydrocarbures aliphatiques .....	4
1.2.1.1. Hydrocarbures saturés .....	4
1.2.1.2. Hydrocarbures non saturés .....	4
1.2.2. Hydrocarbures cycliques ou naphéniques .....	4
1.2.3. Hydrocarbures Aromatiques.....	5
1.2.3.1. Hydrocarbures Aromatiques monocycliques.....	5
1.2.3.2. Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAP).....	5
1.3. Propriétés physiques des hydrocarbures.....	6
1.4. Gasoil.....	7
1.4.1. Définition.....	7
1.4.2. Propriétés du gasoil .....	7
2. Pollution du sol par les hydrocarbures .....	8
2.1. Définition.....	8
2.2. Contamination du sol par les hydrocarbures .....	8
2.3. Principales sources d'hydrocarbures .....	9
2.4. Devenir des hydrocarbures dans le sol .....	9
3. Effets sur la végétation .....	10
3.1. Effets sur la germination .....	11
3.2. Effet sur la croissance de la tige et les racines .....	11
4. Travaux effectués sur <i>Xanthium strumarium</i> .....	11

**Chapitre II : Matériels et méthodes**

1. Matériels .....	13
1.1. Matériel biologique .....	13
1.1.1. Systématique .....	13

1.1.2. Description .....	13
1.1.2.1. Tige.....	14
1.1.2.2. Feuillage .....	14
1.1.2.3. Racines .....	15
1.1.2.4. Fruit .....	15
1.1.2.5. Floraison.....	16
1.1.2.6. Habitat .....	16
1.1.2.7. Répartition géographique .....	16
1.2. Substrat utilisé .....	17
1.3. Produit pétrolier utilisé .....	19
2. Méthodes .....	19
2.1. Préparation des graines.....	19
2.2. Préparation des échantillons .....	19
2.3. Mise en place de l'essai .....	20
2.4. Suivi de la culture .....	21
2.5. Récolte.....	21
2.6. Evaluation des effets des hydrocarbures sur la croissance des plantes .....	21
2.7. Méthodes d'analyse statistique.....	22

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

1. Résultats .....	23
1.1. Taux de germination.....	23
1.2. Longueur de la partie aérienne .....	28
1.3. Longueur de la partie racinaire.....	29
1.4. Biomasse aérienne.....	31
2. Discussion .....	33
2.1. Germination.....	33
2.2. Longueur de la partie aérienne .....	34
2.3. Longueur de la partie racinaire.....	35
2.4. Biomasse aérienne.....	36
Conclusion et perspectives .....	37
Références bibliographiques .....	38

A decorative scroll graphic with the word "Introduction" written on it. The scroll is white with a black outline and is partially unrolled, showing a grey interior. The word "Introduction" is centered on the scroll in a black, serif font.

# Introduction

Depuis toujours l'homme agit plus ou moins directement sur l'environnement. Cette action a pris plus d'ampleur au cours des siècles derniers avec l'apogée de l'industrie et les progrès dans les sciences et techniques qu'elles soient industrielles, agricoles ou domestiques. Ainsi, pendant de nombreuses années, les activités humaines ont contribué à dégrader l'environnement qui ne cesse d'être pollué à l'échelle de tous ses compartiments : l'eau, l'air et le sol (Norini, 2007).

Le sol est l'une des trois composantes majeures de la biosphère. Il joue en permanence un rôle déterminant dans l'apparition et le maintien de l'activité biologique et de la biodiversité à la surface de la planète (Verdin *et al.*, 2004). C'est pour cela, la contamination de cette ressource par les hydrocarbures constitue un grave problème environnemental mondial qui a attiré l'attention du public à ce jour (Adipah, 2019).

La pollution par les hydrocarbures est l'un des problèmes les plus graves dans le monde (Amakiri et Onefeghara, 1984). Cette pollution est susceptible d'une bioaccumulation dans les chaînes alimentaires, en présentant des toxicités pour le végétal, l'animal et des risques pour la santé humaine. Les dommages dépendront de nombreux facteurs, comme l'âge de la contamination du sol (Bona *et al.*, 2011), le niveau de contamination et les espèces végétales (Adam et Duncan, 2002 ; Ogbo, 2009).

La prise de conscience de ces risques conduit à la nécessité d'établir des diagnostics de la pollution et de mettre en œuvre des moyens pour y remédier (Norini, 2007).

Il existe plusieurs méthodes visant à minimiser et / ou remédier les sols contaminés par les hydrocarbures qui reposent sur des processus physico-chimiques ou biologiques (Norini, 2007). Les processus physiques, chimiques et thermiques sont les techniques courantes qui ont été impliquées dans le nettoyage des sites contaminés par les hydrocarbures (Njoku *et al.*, 1999). Cependant ces techniques ont des effets néfastes sur l'environnement et sont également coûteuses (Frick *et al.*, 1999 ; Lundstedt, 2003 *in* Njoku *et al.*, 1999). Récemment, des techniques biologiques comme la phytoremédiation ont été utilisées pour l'assainissement des sites contaminés par le pétrole (Njoku *et al.*, 1999). La phytoremédiation est basée sur l'utilisation des plantes et les micro-organismes associés pour éliminer ou décomposer les contaminants. Elle représente une technologie prometteuse pour l'assainissement des sites pollués par hydrocarbures (Shahsavari *et al.*, 2013). Les plantes utilisées devraient être adaptées aux conditions climatiques et pédologiques des sites contaminés (Njoku *et al.*, 1999).

## *Introduction*

---

De nombreuses études ont déjà proposé *Xanthium strumarium* comme candidat potentiel à la phytoremédiation (Dib et Sadoudi Ali Ahmed, 2019 ; Khalid et *al.*, 2019).

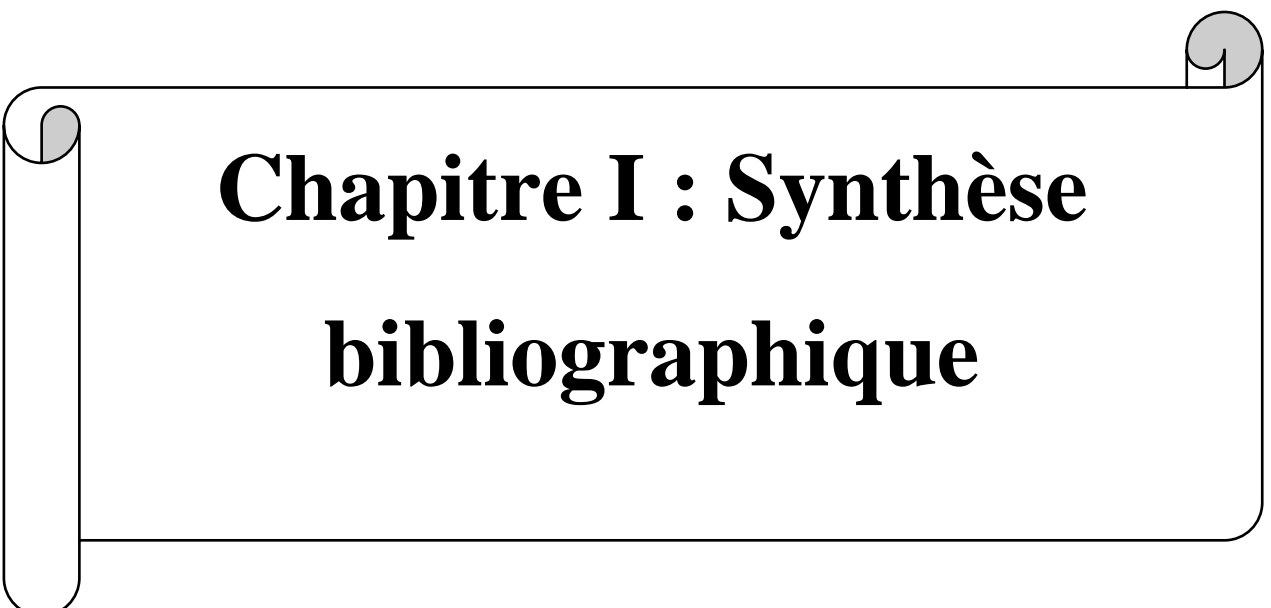
*Xanthium strumarium* est une plante herbacée, qui peut atteindre une hauteur de 20-150 cm. Elle pousse dans les régions chaudes et tolère une variété de types de sol (Weaver et *al.*, 1982 ; Fan et *al.*, 2019).

C'est dans cette optique que s'inscrit le présent travail dont l'objectif principal est d'évaluer l'effet du gasoil sur la germination et la croissance du *X. strumarium* en utilisant le test de phytotoxicité.

Nous avons structuré le présent mémoire comme suit :

- Le premier chapitre consiste en un rappel bibliographique sur les hydrocarbures, la pollution du sol par les hydrocarbures et leurs effets sur la végétation.
- Le deuxième chapitre est une présentation du matériel utilisé et les méthodes adoptées pour réaliser ce travail.
- Le quatrième chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus et leurs discussions.

Nous terminons ce travail par une conclusion générale qui synthétise l'ensemble des résultats obtenus dans notre étude et quelques perspectives.



# **Chapitre I : Synthèse bibliographique**

## 1. Généralités sur les hydrocarbures

D'après Koller (2004), les hydrocarbures constituent une ressource énergétique essentielle pour l'économie depuis la révolution industrielle. Il s'agit de ressources non renouvelables et ils sont considérés comme des polluants organiques majoritaires des sols, du fait de leur utilisation massive depuis une cinquantaine d'années.

### 1.1. Définition des hydrocarbures

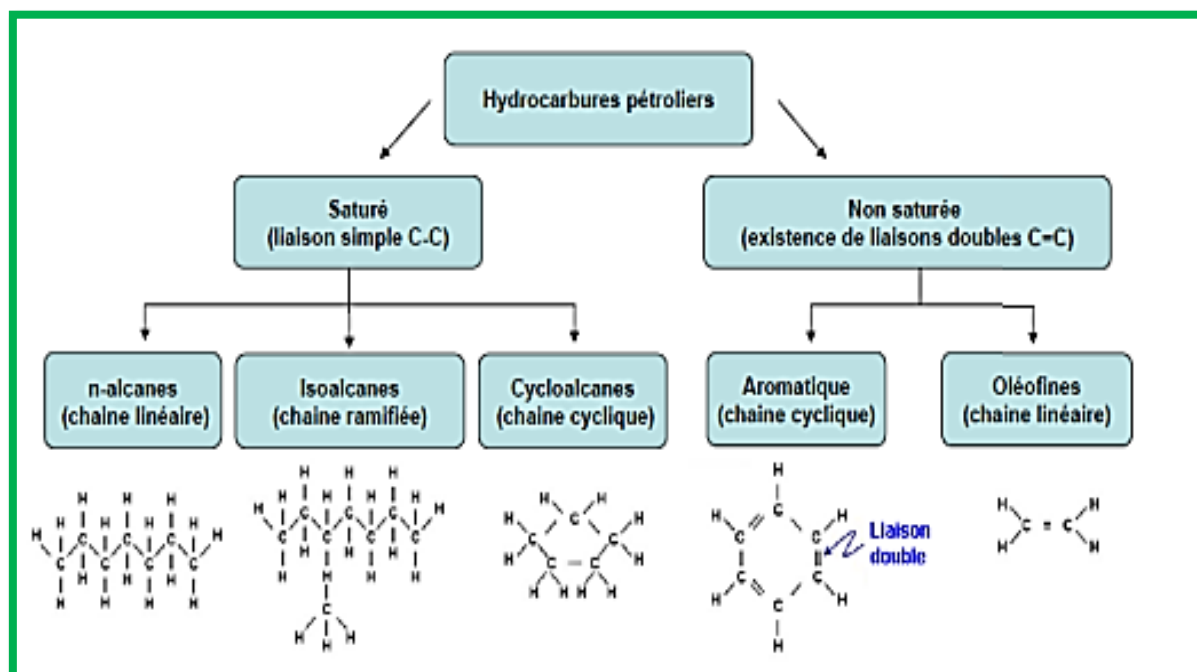
Un hydrocarbure est un composé binaire pur constitué d'atomes de carbones tétravalents et d'hydrogène monovalents. Dans un sens plus large, ce terme est communément utilisé pour désigner des produits émanant du pétrole brut ; mélange hétérogène de composés chimiques contenant du carbone, de l'hydrogène, avec parfois, des atomes d'oxygènes, d'azote et de soufre (Gassi, 1998 *in* Diagne et Talhi, 1999) (Tableau 01).

**Tableau 01:** composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers (Speight, 2014).

Eléments	Pourcentage
Carbone	83 à 87 %
Hydrogène	10 à 14 %
Azote	0.1 à 2 %
Oxygène	0.05 à 6 %
Soufre	0.05 à 6 %
Métaux	< 0.1 %

### 1.2. Classification des hydrocarbures

Compte tenu de la tétravalence de l'atome de carbone et de la monovalence de l'atome d'hydrogène, les différentes possibilités de combinaison de ces atomes peuvent se classer selon deux règles générales : addition des atomes de carbone en chaînes ou en cycles avec saturation ou non entre les atomes de carbone (Chitour, 1982) (Figure 01).



**Figure 01.** Structure moléculaire de base des principaux hydrocarbures pétroliers (Colombano et al., 2008).

### 1.2.1. Hydrocarbures aliphatiques

Se sont généralement, des composés à chaînes linéaires ou ramifiées, saturés ou insaturés (Arnaud, 2004). Suivant la nature des liaisons entre les carbones, on subdivise cette série en :

#### 1.2.1.1. Hydrocarbures saturés

Selon Arnaud (2004), ce sont des molécules constituées de chaînes carbonées à simple liaison entre eux, de formule  $C_nH_{2n+2}$ . On les qualifie de saturés, car ils ne peuvent pas fixer d'éléments supplémentaires à ceux qui constituent leur molécule (Lefebvre, 1978).

#### 1.2.1.2. Hydrocarbures non saturés

Un hydrocarbure est dit insaturé s'il possède au moins une double liaison Carbone – Carbone ou une triple liaison Carbone – Carbone, de formule  $C_nH_{2n}$  (Picot et Montandon, 2013). Ces composés ne sont pas saturés puisque, grâce aux électrons supplémentaires de leurs liaisons multiples, ils peuvent fixer certains éléments (Lefebvre, 1978).

### 1.2.2. Hydrocarbures cycliques ou naphthéniques

Ce sont des hydrocarbures à chaînes fermées, qui renferment des composés cycliques à 5 ou 6 atomes de carbones. Il s'agit essentiellement des cyclanes et des cyclo-alcane, leur

formule générale est  $(CH_2)_n$  ou  $C_nH_{2n}$  (Lefebvre, 1978). Ils se subdivisent en deux groupes selon le type de liaison :

- Les cyclènes : les molécules possèdent une double liaison au niveau du cycle carboné.
- Les cyclynes : composés très instables contenant une triple liaison au niveau du cycle.

### 1.2.3. Hydrocarbures Aromatiques

Le terme « aromatique », s'appliquait à l'origine aux substances ayant une odeur agréable. Ils constituent l'une des matières premières de base de l'industrie des produits chimiques organiques synthétiques (Maslyanskii et *al.*, 1977 ; Bélanger, 1984). Ce sont des composés auxquels viennent s'adjoindre du soufre, des composés oxygénés et azotés et quelques métaux (Colin, 2000). Ils sont caractérisés par la présence dans leur molécule d'au moins un cycle benzénique. Ces hydrocarbures sont eux aussi insaturés puisque le noyau benzénique est formé de six atomes de carbone (Lefebvre, 1978 ; Guibet, 1997).

Le nombre de cycles aromatiques aura une incidence sur la biodégradation, plus le nombre de cycles augmente plus la dégradation sera difficile (Saada et *al.*, 2005).

#### 1.2.3.1. Hydrocarbures aromatiques monocycliques

Ce sont principalement les BTEX.

#### 1.2.3.2. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Ils constituent un groupe de composés résultant de la fusion de cycles benzéniques. Le plus simple de ces composés est le Naphthalène ( $C_{10}H_8$ ) qui résulte de la fusion de deux cycles benzéniques et le plus complexe est le Coronène ( $C_{24}H_{12}$ ) (Ramade, 1992).

### 1.3. Propriétés physiques des hydrocarbures

Plusieurs propriétés physiques permettent de caractériser et de distinguer les hydrocarbures pétroliers, ainsi que de prédire leurs comportements dans l'environnement (CEAEQ, 2015).

- **Viscosité**

La viscosité peut être définie comme la résistance à l'écoulement d'un liquide. Elle influence ainsi la propagation d'une nappe d'hydrocarbures à la surface de l'eau. Notons que la viscosité est influencée par la température. En effet, plus la température est faible, plus la viscosité est élevée (CEAEQ, 2015). La viscosité des paraffines normales augmente avec le nombre d'atomes de carbone (Lefebvre, 1978).

- **Point d'écoulement**

Il correspond à la température critique à laquelle se forment les premiers cristaux de paraffine, cette propriété est fortement liée à la viscosité (CEAEQ, 2015).

- **Densité**

Elle correspond à la masse par unité de volume. Cette propriété est utilisée par l'industrie pétrolière pour distinguer les hydrocarbures légers et lourds. Ces hydrocarbures ont des densités comprises entre 0,7 et 0,99 g/ml à 15 °C et, par conséquent, ils flottent sur l'eau (CEAEQ, 2015). Les ramifications de certains hydrocarbures ont peu d'influence sur la densité (Lefebvre, 1978).

- **Solubilité**

C'est la capacité d'une substance à se dissoudre dans la colonne d'eau. Cette propriété est importante chez les hydrocarbures (CEAEQ, 2015).

- **Point d'éclair, point d'inflammabilité**

Le point d'éclair ou point d'inflammabilité est la température minimale à laquelle il faut porter le produit pour que ses vapeurs puissent s'enflammer si l'on approche une allumette (CEAEQ, 2015). Selon Fattal (2008), c'est la plus basse température à laquelle les fractions d'hydrocarbures s'enflamment lorsqu'elles sont soumises à une étincelle.

- **Tension superficielle**

C'est une donnée qui doit être considérée avec la viscosité pour évaluer la rapidité de la propagation des hydrocarbures sur l'eau. Elle dépend de la température et permet de mieux appréhender la vitesse d'étalement des nappes d'hydrocarbures. Plus la température augmente, plus la tension superficielle diminue (Fattal, 2008).

- **Point d'ébullition**

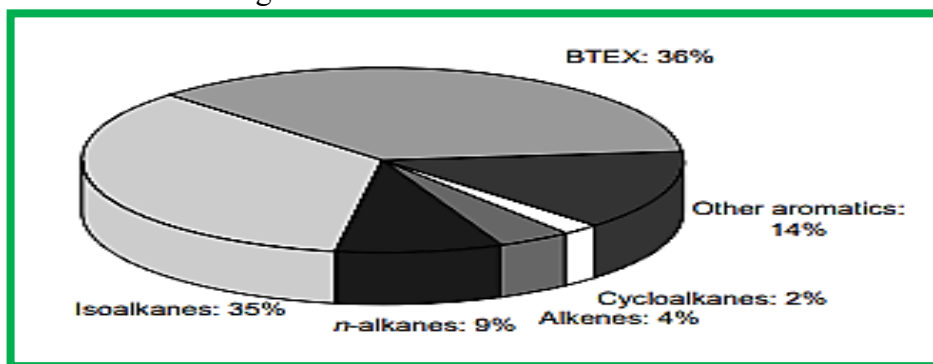
La température d'ébullition des hydrocarbures normaux augmente avec leur nombre d'atomes de carbone. Ceci résulte de l'augmentation des attractions entre molécules, lorsque la longueur de la chaîne augmente (Lefebvre, 1978).

## 1.4. Gasoil

### 1.4.1. Définition

Selon Adam et Duncan (1999), le gasoil est un mélange complexe d'hydrocarbures tel que les alcanes à faible poids moléculaire et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Il contient également du soufre, de l'azote et oxygène en faibles concentrations également comme les métaux tels que le plomb, le nickel, le sodium, le calcium, le cuivre et l'uranium (Posthuma, 1970 in Bona et al., 2011).

D'après Marchal et al. (2003), le gasoil est un composé des quatre structures principales d'hydrocarbures selon la figure 2 :



**Figure 02** : Exemple de composition d'un gazole européen (Marchal et al., 2003).

### 1.4.2. Propriétés du gasoil

Les principales propriétés du gasoil sont représentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 2:** propriétés physico-chimiques du gasoil (Colombano et al., 2014).

Température d'ébullition	Solubilité dans l'eau	Masse volumique à 15°C	Limites d'explosivité dans l'air	Pression de vapeur saturante
170-390 °C	Très peu soluble	0.82-0.89g/cm <sup>3</sup> (820-890g/l)	Inférieure : 1% vol Supérieure : 6% vol	1Pa à 20°C

## 2. Pollution du sol par les hydrocarbures

### 2.1. Définition

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physique et chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature (Koller, 2004 ; Ramade, 1992).

### 2.2. Contamination du sol par les hydrocarbures

La dégradation du sol peut être considérée comme une accumulation de plusieurs effets provoqués par les polluants anthropologiques sur les diverses transformations physiques, chimiques et biologiques se déroulant dans le sol. La tendance à la dégradation dépend de la qualité du sol, aussi bien que du type, de la qualité, de la longévité et de la bio-réactivité des polluants en question (Koller, 2004).

La pollution du sol par les hydrocarbures (HC) est due à des rejets, volontaires ou non, de produits pétroliers. Elle relève à la fois de la pollution chimique et de la pollution organique. Ces substances sont qualifiées de polluantes lorsqu'elles exercent une influence négative sur la fertilité du sol (Koller, 2004).

La pollution par les hydrocarbures légers couramment commercialisés (essence, kérosène, gasoil, solvants) est très fréquente du fait de leur utilisation généralisée. Leurs présences dans le sol entraînent souvent une diminution de la perméabilité de celui-ci et une réduction de la circulation de l'eau au sein de la matrice (Collin, 2000). Certains hydrocarbures

très légers peuvent être toxiques par effet « solvant ». Contrairement aux hydrocarbures lourds à l'exception de certains d'entre eux (naphtalène) (Koller, 2004).

### **2.3. Principales sources d'hydrocarbures**

Les hydrocarbures sont émis dans l'environnement par des processus naturels ou anthropiques. Il apparaît que les hydrocarbures d'origine anthropique prennent progressivement le pas sur ceux d'origine naturelle (Rocher, 2003).

- **Sources naturelles**

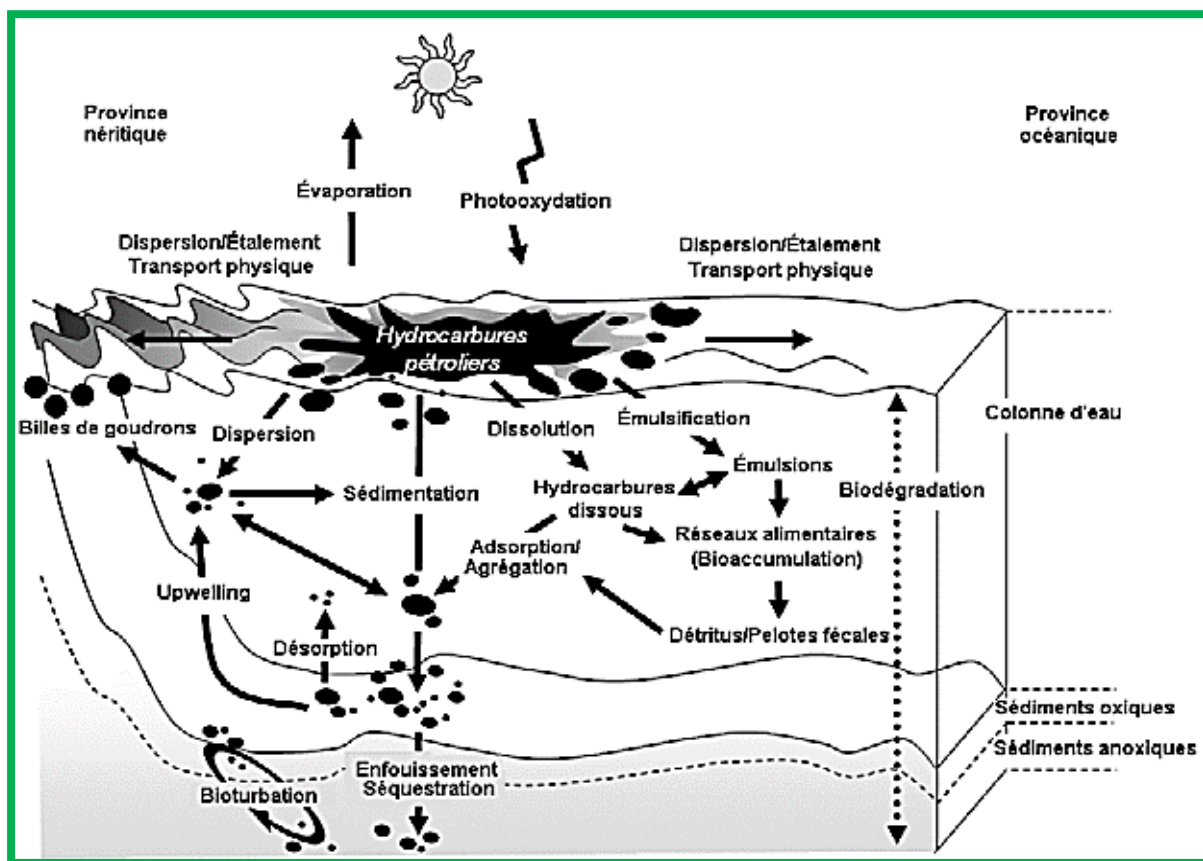
Les feux de forêt et de prairie sont considérés comme les plus importants. Mais, il existe d'autres processus tels que les éruptions volcaniques, l'érosion des roches, les fuites de réservoirs naturels ainsi que la production d'hydrocarbures par les végétaux supérieurs (cires) ou par les algues (Rocher, 2003).

- **Sources anthropiques**

Deux sources anthropiques sont généralement distinguées : d'une part les sources pétrolières, correspondant à une pétrogenèse à basse température, et d'autre part les sources pyrolytiques correspondant à des processus de combustion à haute température. La circulation automobile constitue l'une des principales sources d'hydrocarbures puisqu'elle combine les deux processus (Rocher, 2003).

### **2.4. Devenir des hydrocarbures dans le sol**

Dès que les hydrocarbures se déversent dans le milieu, ils vieillissent et sont soumis à des processus d'altération et de modification de leurs propriétés physico-chimiques initiales. Les facteurs de la dégradation dépendent de la nature du pétrole et du milieu ambiant. Les processus qui entraînent les changements physiques sont la volatilisation, l'évaporation, la dissolution et la solubilisation. Ceux qui entraînent les modifications chimiques sont la photo-oxydation et la biodégradation (Fattal, 2008) (Figure 03).



**Figure 03.** Le devenir des hydrocarbures pétroliers au sein de la colonne d'eau et des sédiments (Mirales, 2007).

### 3. Effets sur la végétation

Selon Fattal (2008), le sol est à la fois le support et le réservoir du végétal par conséquent, la présence des hydrocarbures dans le sol peut se répercuter directement sur le végétal.

Les hydrocarbures mono aromatiques comme le mélange benzène-toluène-xylène (BTX) sont connus pour être phytotoxiques. Les BTX perturbent les échanges entre les semences, le sol et l'atmosphère, ou ils altèrent les tissus végétaux (Henner et *al.*, 1997).

Les membranes cellulaires sont endommagées par la pénétration de molécules d'hydrocarbures, entraînant une fuite du contenu cellulaire, et les huiles peuvent pénétrer dans les cellules, et réduisent le taux de transpiration, probablement en bloquant les stomates et les espaces intercellulaires. Cela peut également être la raison de la réduction de la photosynthèse (Beker, 1970).

### 3.1. Effets sur la germination

D'après Chaîneau et *al.* (1997), la présence de HC dans le sol inhibe la germination des graines et réduit la croissance des plantes.

Le diesel peut avoir des effets chroniques ou aigus sur les plantes. En plus de la toxicité directe et indirecte, l'huile provoque des interférences dans les relations hydriques des plantes. Cette interférence, accompagnée des conditions anaérobies et hydrophobes, s'est avérée être l'effet le plus important du sol contaminé par le diesel sur la germination des graines et la croissance des plantes (Adam et Duncan, 2002 ; Ogbo, 2008 ; Bona et *al.*, 2011 ; Dib et Sadoudi Ali Ahmed, 2019).

De nombreux auteurs ont rapporté un taux inférieur de germination dans un sol contaminé par le pétrole ou ses dérivés (Amakiri et Onofeghara, 1984 ; Adam et Duncan, 1999).

Henner et *al.* (1999), ont rapporté que les hydrocarbures pétroliers composé de petites molécules sont plus phytotoxiques sur la germination.

### 3.2. Effets sur la croissance de la tige et les racines

#### ❖ Racines

La contamination par le carburant diesel peut tuer les racines, et empêche la plante d'absorber de l'eau et d'autres nutriments (Ogbo, 2008).

De nombreuses études ont montré que la contamination par les hydrocarbures induit une réduction de la longueur des racines. Par exemple, Tang et *al.* (2011), ont rapporté que l'allongement des racines était sensible à la contamination par les hydrocarbures pétroliers.

#### ❖ Tige

Molina-Barahona et *al.* (2005), ont noté que le transfert d'alcanes à longue chaîne vers les parties aériennes de la plante pourrait entraîner une réduction de la longueur de la tige. Selon Adam et Duncan (2002), la croissance des plantes peut être affectée par la modification du rapport C / N par contamination aux hydrocarbures.

## 4. Travaux effectués sur *Xanthium strumarium*

Nous avons recensé quelques travaux réalisés sur le *Xanthium strumarium* dans le tableau 03.

**Tableau 03** : synthèse des travaux réalisés sur les effets du gasoil sur le *X. strumarium*.

Les espèces utilisées	Résultats	Auteurs et année
<i>Xanthium strumarium</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Xanthium strumarium</i> a montré une germination réussie à certains niveaux de contamination par le diesel.</li> <li>- Cependant, des niveaux élevés de contamination (7,5 et 10 g de diesel pour 100 g de substrat) ont retardé et réduit la germination.</li> </ul>	Djaffer Dib & Djamilia Sadoudi Ali Ahmed (2019)
<i>Xanthium strumarium</i> , <i>Daucus carota</i> , <i>Avena sativa</i> et <i>Cerinth major</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Xanthium strumarium</i> peut se développer et survivre dans différents substrats contaminés par le gasoil.</li> <li>- La contamination par le gasoil a entraîné une réduction de la longueur, de la biomasse et du nombre de feuilles de la partie aérienne du <i>Xanthium strumarium</i>.</li> </ul>	MOUZAOUI Nadia BENMANSOUR Nouara (2019)



# **Chapitre II : Matériels et méthodes**

Notre travail a été réalisé au laboratoire de pathologie des écosystèmes de la faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Dans cette partie, nous allons présenter le matériel et les méthodes utilisés, ainsi que le dispositif expérimental adopté.

## 1. Matériels

### 1.1. Matériel biologique

Pour la réalisation de notre étude, nous avons utilisé les graines du *Xanthium strumarium*.

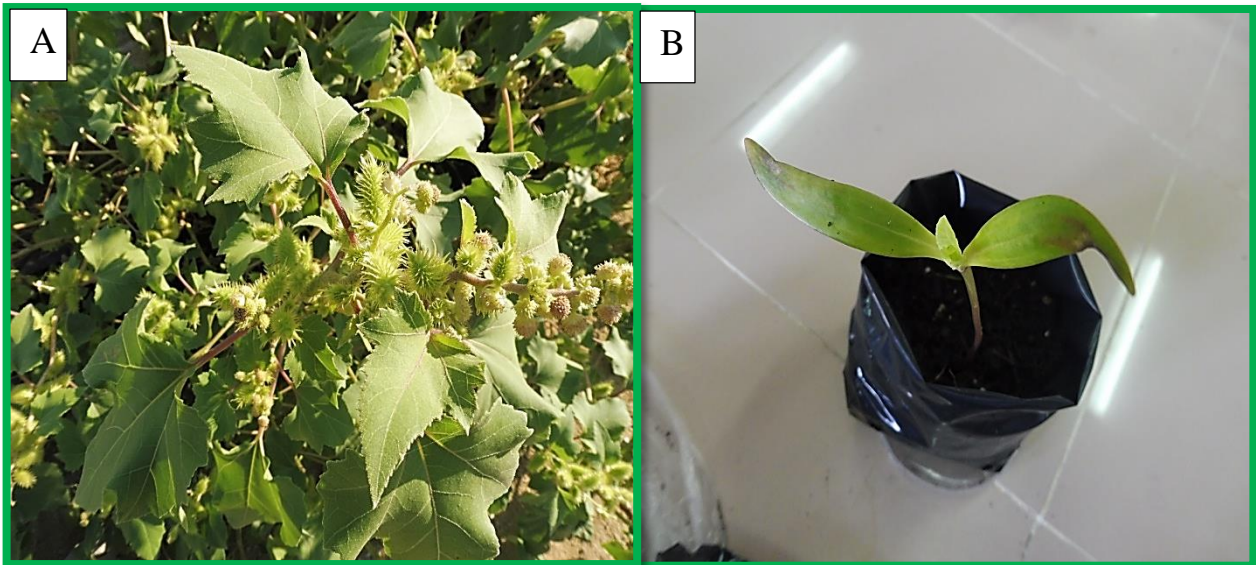
#### 1.1.1. Systématique

La classification botanique de l'espèce *X. strumarium* selon Linné (1753) est présentée ci-dessous :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Mangnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Genre	<i>Xanthium</i>
Espèces	<i>Xanthium strumarium</i> L.

#### 1.1.2. Description

Selon Löve et Dansereau (1959), Weaver et al. (1982), Kamboj et Saluja (2010) et Fan et al. (2019), *X. strumarium* est une plante couramment retrouvée sous forme de mauvaise herbe, avec une hauteur de 20 à 150 cm. Les fleurs sont petites, vertes, unisexuées. Comme la plante est annuelle, une saison sans production de graines équivaut pratiquement à l'extinction de la population en question (Figure 04).



**Figure 04.** Plante adulte de *Xanthium strumarium*. (A) ; Pousse âgée de 10 jours (B)  
(Ammour, 2020).

#### 1.1.2.1. Tige

La tige est dressée, striée, à poils rugueux, généralement ramifiée, tachetée de pourpre (Weaver et *al.*, 1982) (Figure 05).



**Figure 05.** Tige du *Xanthium strumarium* (Ammour, 2020).

#### 1.1.2.2. Feuillage

Il est vert, pubescent, simple, elliptique à ovales régulièrement dentées. La base peut être en forme de cœur, pétiole pouvant être rougeâtre (Figure 04) (Weaver et *al.*, 1982).

### 1.1.2.3. Racines

Selon Weaver et *al.* (1982), la racine du *X. strumarium* est pivotante, se propage par graines uniquement.

Davis et *al.* (1965) rapportent que les racines de cette espèce s'étendant latéralement de 2 à 1 mètres et jusqu'à 1 à 2 mètres de la profondeur (Figure 06).



**Figure 06.** Racines du *Xanthium strumarium* (Ammour, 2020).

### 1.1.2.4. Fruit

Il est caractérisé par une bardane dure et ligneuse, de 1 à 2 cm de long, ovoïde-globale, couverte d'épines, glandulaire-pubescente. Se terminant par deux becs robustes et incurvés, bruns à maturité, contenant deux akènes. Les akènes sont aplatis, 0,4 à 2,2 mm de long, l'un souvent plus grand que l'autre, de couleur gris (Weaver et *al.*, 1982) (Figure 07).



**Figure 07.** Fruits et graines de *X. strumarium* (Ammour, 2020).

### 1.1.2.5. Floraison

Selon Weaver et *al.* (1982), la floraison commence au début ou à la mi-août, quel que soit l'âge ou la taille de la plante.

### 1.1.2.6. Habitat

- **Exigences climatiques**

On trouve *X. strumarium* le plus souvent dans la zone tempérée mais aussi dans les climats subtropicaux et méditerranéens (Holm et *al.*, 1911 in Weaver et *al.*, 1982).

- **Substrat**

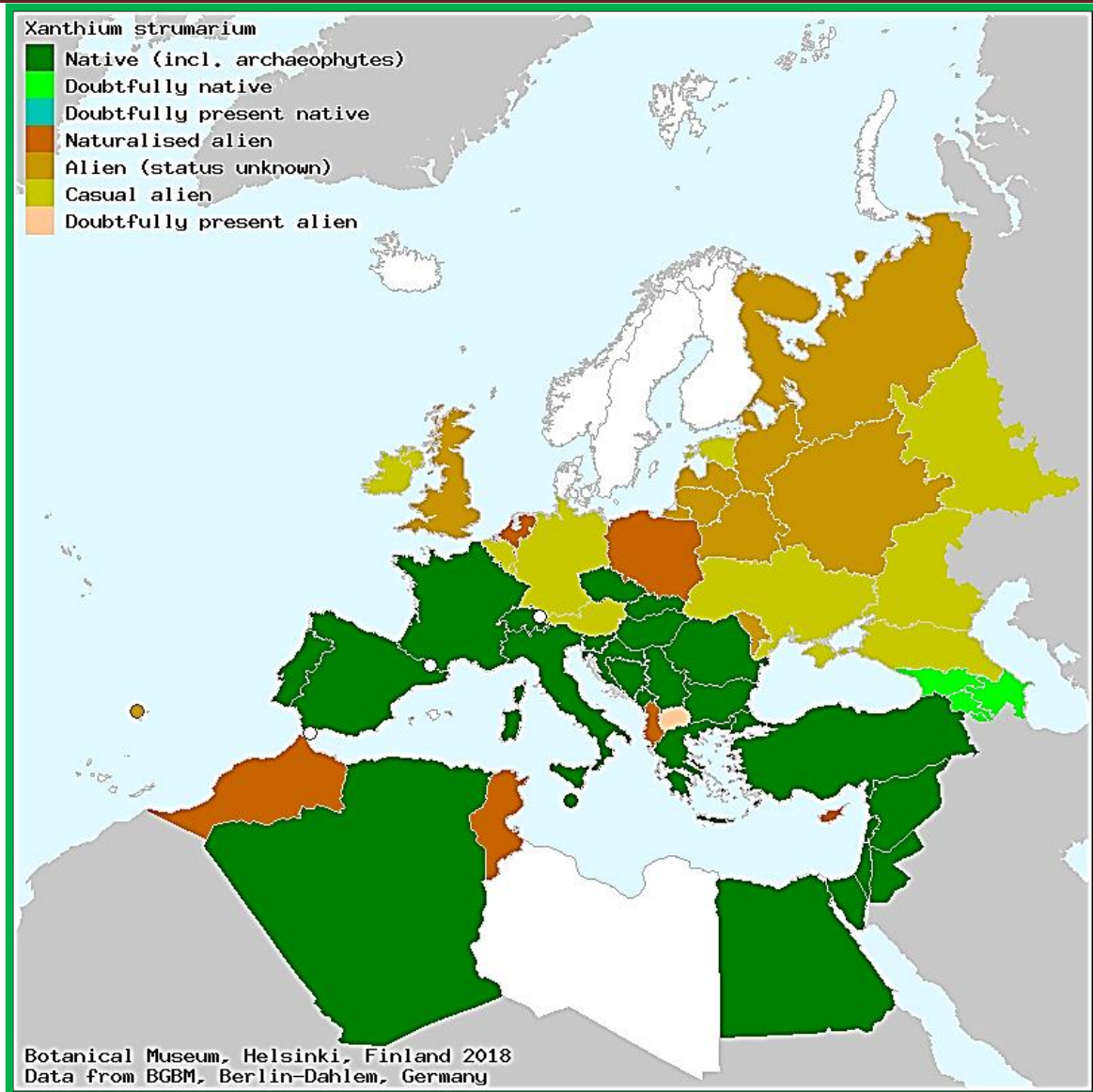
Selon Weaver et *al.* (1982) et Fan et *al.* (2019), *X. strumarium* tolère une variété de conditions de sol allant de l'argile humide au sable sec. Elle préfère cependant un sol sableux compact, légèrement humide sous la surface, avec une petite quantité de matière organique (plante préférentielle). *X. strumarium* pousse couramment dans les décharges, les bords de route et le long des rivières dans les régions chaudes (Figure 08).



**Figure 08.** Photos montrant la croissance du *X. strumarium* dans les décharges (B) et les bords de route (A) (Ammour, 2020).

### 1.1.2.7. Répartition géographique

*X. strumarium* se trouve dans tout le Royaume-Uni. Elle est présente dans certains pays d'Amérique du Sud et d'Afrique, en Australie et dans les îles du Pacifique (Kamboj et Saluja, 2010 ; Fan et *al.*, 2019) (Figure 09).



**Figure 09.** Répartition de *Xanthium strumarium* en Europe et Afrique du Nord.  
(Botanical Museum, Helsinki, Finland 2018)

## 1.2.Substrat utilisé

### ➤ Terreau universel (TU)

Le TU est un substrat de culture avec une formule équilibrée qui offre un excellent rapport entre la rétention d'eau et l'aération. Il est idéal pour cultiver tout type de plantes à la fois dans des conditions intérieures et extérieures. Sa formule étudiée à la base de tourbe, de fibre de coco, de perlite, de matière végétale compostée, d'activateur de racines et d'engrais lui confère une grande spongibilité, une aération, une rétention d'eau et un drainage facilement assimilable ; étant un milieu de culture idéal pour la majorité des espèces ornementales (SEMILLAS BATLLE S.A) (Figure 10).



Figure 10. Terreau universel (Ammour, 2020).

Les caractéristiques de ce sol sont mentionnées dans le tableau 04.

Tableau 4 : caractéristiques du terreau universel (SEMILLAS BATLLE S.A).

Matière organique / matière sèche	67 %
La densité	0.357 kg/l
Matière sèche	38 %
Teneur en nutriments	1 % Azote, 0.4 % Phosphore, 0.75 % potassium
Ph	7.25
Conductivité électrique	75 ms/m

### 1.3. Produit pétrolier utilisé

#### ➤ Gasoil

Selon Bona et *al.* (2011), c'est un mélange complexe d'hydrocarbures tel que les alcanes à faible poids moléculaire et les hydrocarbures aromatiques polycycliques. Ce carburant a été apporté de la station-service à Chabet El-Ameur.

### 1.4. Matériel de laboratoire

- Bécher de 250 ml
- Balance de précision
- Bassine
- Règle graduée
- Eau distillée
- Sachets de pépinière étiquetée
- Truelle

## 2. Méthodes

L'étude consiste en une évaluation de l'effet de la concentration du gasoil sur la culture des graines de la lampourde. Nous nous sommes intéressés aux indicateurs de croissance suivants : Taux de germination, biomasse aérienne, longueur de la partie aérienne et racinaire.

### 2.1. Préparation des graines

Les graines mures de *Xanthium strumarium* ont été récoltées durant le mois de novembre 2019. La récolte a été effectuée dans la région de Freha, à côté de la route nationale numéro 12.

### 2.2. Préparation des échantillons

Sept graines de *X. strumarium* ont été utilisées dans chaque sachet de pépinière (15 sachets en tout de 16 cm 30 cm de dimension).

Quatre échantillons avec différentes concentrations du gasoil (2.5%, 5%, 7.5%, 10%) ont été préparés en utilisant la méthode m/m (masse/masse). En plus d'une quantité d'eau distillée, afin d'homogénéiser le mélange.

Pour 2.5% du gasoil, nous avons pesé 2.5\*2g de gasoil (5g de gasoil + 195g du sol).

Pour 5% du gasoil, nous avons pesé 5\*2g de gasoil (10g de gasoil + 190 g du sol).

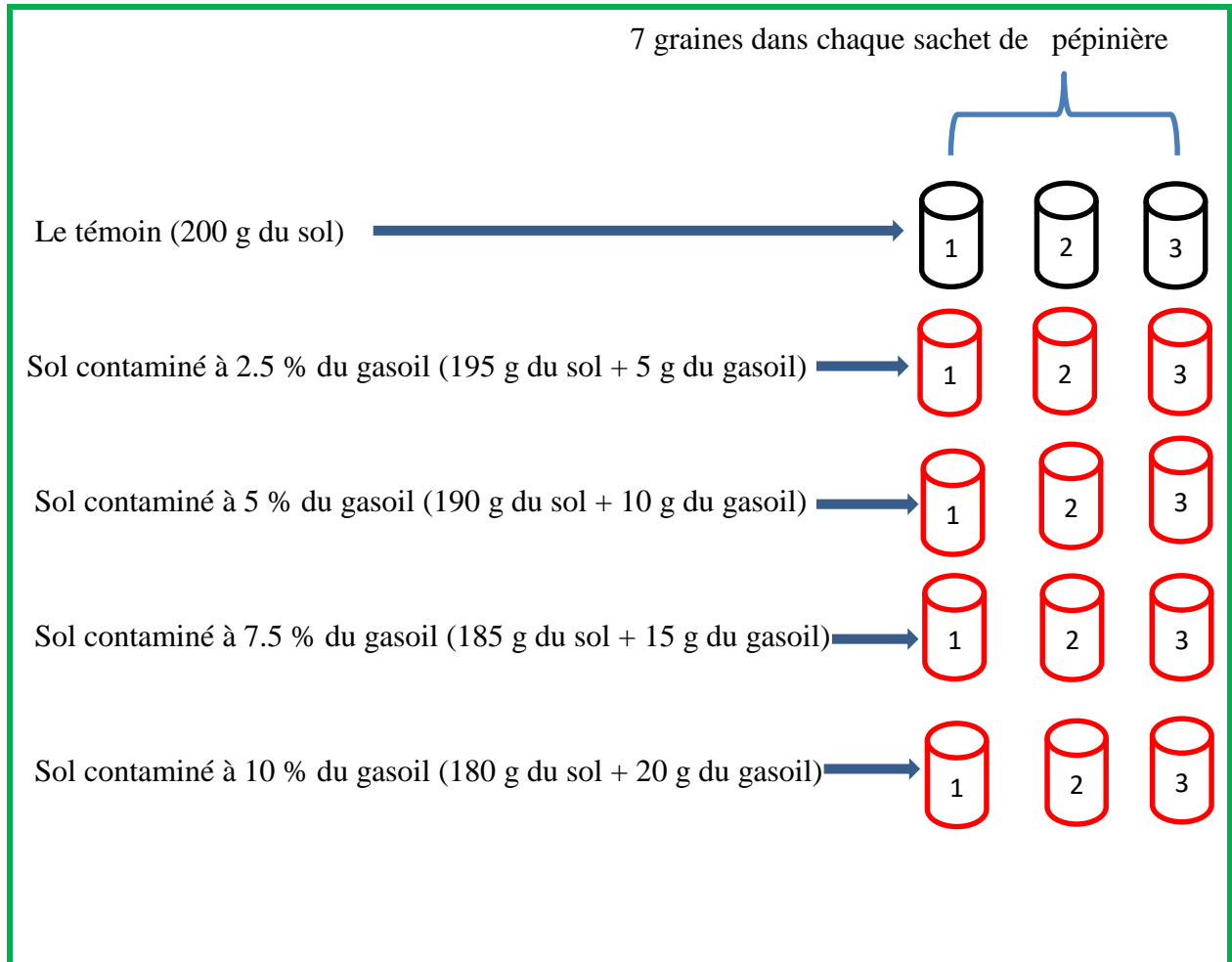
Pour 7.5% du gasoil, nous avons pesé 7.5\*2g de gasoil (15g de gasoil + 185g du sol).

Pour 10 % du gasoil, nous avons pesé 10\*2g de gasoil (20g de gasoil + 180g du sol).

Nous avons effectué trois répétitions pour chaque concentration de polluant. Un échantillon témoin est préparée avec de l'eau distillée seulement pour le test.

### 2.3. Mise en place de l'essai

Le semis a été réalisé le 20/09/2020 pour le test. Un arrosage juste après le semis a été réalisé pour évacuer l'air compris entre les particules du sol et permettre une bonne germination des graines (Figure 11).



**Figure 11.** Dispositif expérimental de l'essai au laboratoire.

### 2.4. Suivi de la culture

Le suivi de la culture au laboratoire a consisté en un arrosage régulier à l'eau de robinet durant toute l'expérimentation (selon le besoin du sol).

### 2.5. Récolte

La récolte a eu lieu le 06/10/2020.

## 2.6. Evaluation des effets des hydrocarbures sur la croissance des plantes

Afin d'évaluer les effets du gasoil sur *X. strumarium*, nous avons mesuré quelques indicateurs de croissance.

### ➤ Taux de germination

Il consiste à calculer un pourcentage de levée dans chaque pot, selon la formule suivante :

$$\text{Taux de germination} = (\text{nombre de graines germées} / \text{nombre de graines semées}) \times 100$$

### ➤ Longueur des racines

C'est la mesure de la longueur des racines principales des plants de chaque sachet à l'aide d'une règle graduée.

### ➤ Longueur de la tige

C'est la mesure de la croissance en longueur des plantes à l'aide d'une règle graduée.

### ➤ Biomasse végétale (partie aérienne)

Il s'agit de peser la partie aérienne des plantes de chaque sachet à l'état frais. La partie aérienne étant séparée de la partie racinaire.

## 2.7. Méthodes d'analyse statistique

Nous avons utilisé le logiciel Statistica pour effectuer les tests d'ANOVA nécessaires pour interpréter nos résultats.

- Probabilité  $\leq 0.05$  → différences significatives \*
- Probabilité  $\leq 0.01$  → différences hautement significatives \*\*
- Probabilité  $\leq 0.001$  → différences très hautement significatives \*\*\*

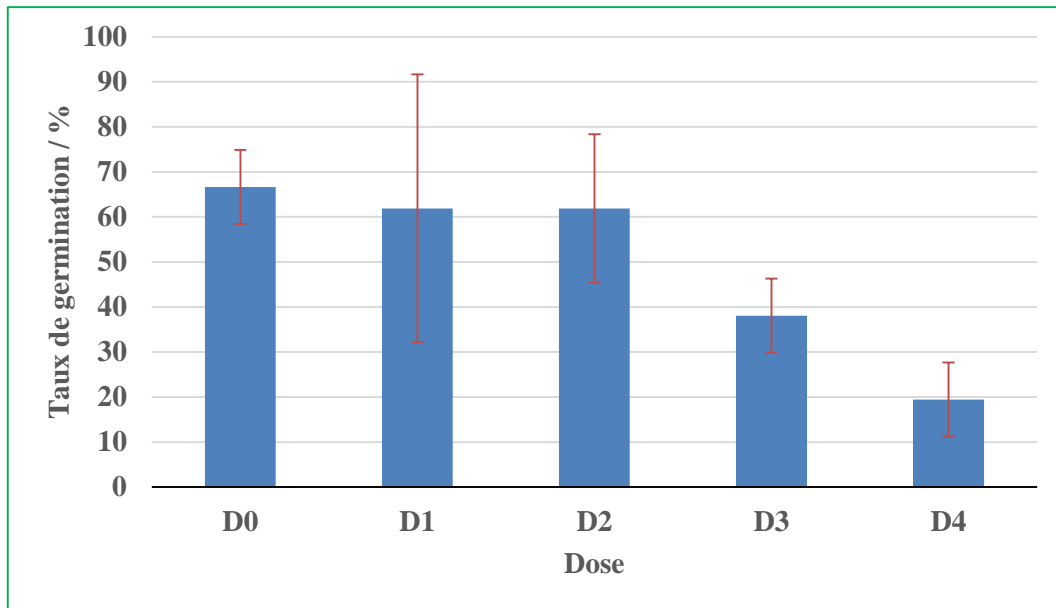
A decorative graphic of a scroll with a black outline and rounded corners. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered within the scroll.

# **Chapitre III : Résultats et discussion**

## 1. Résultats

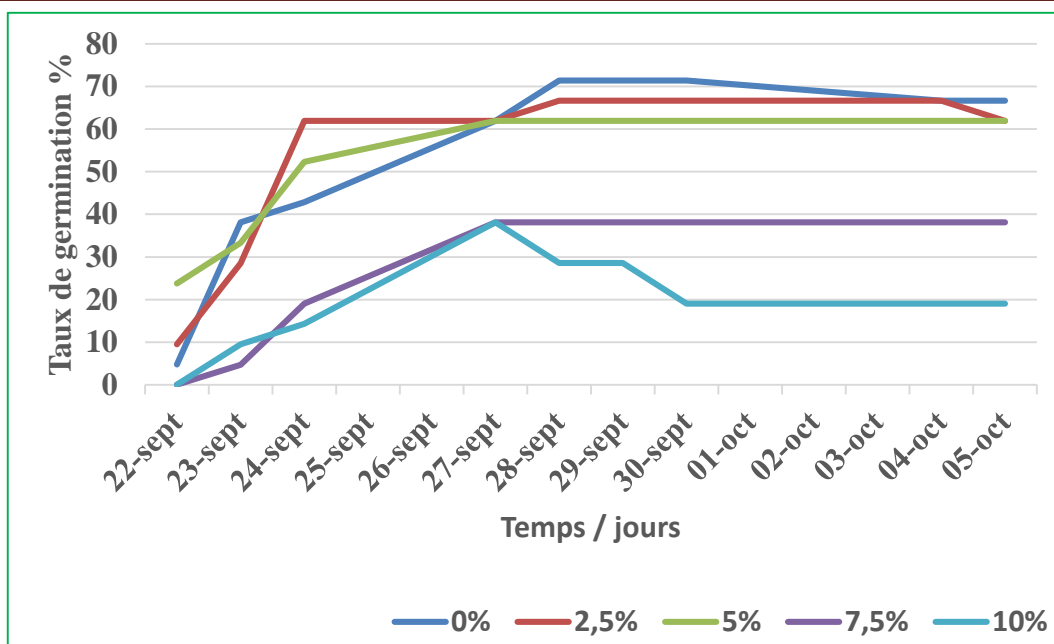
### 1.1. Taux de germination

La germination des grains de la lampourde atteint 66.66 % dans le sol non contaminé et 61.9 % dans les sols contaminés par les hydrocarbures à la concentration 2.5 et 5 % Le taux de germination n'a pas pu dépasser les 40 % dans les sols contaminés à 7.5 et 10 % (Figure, 12).



**Figure 12.** Taux de germination de la lampourde sur les différents sols contaminés et le témoin.

Nous avons constaté un retard de germination au niveau des sols contaminés à 7.5 % et 10 % par rapport aux trois autres sols (témoin et sols contaminés à 2.5 %, 5 %). Ces derniers ont germé et ont atteint un pourcentage de germination plus rapidement que ceux soumis à des niveaux de contamination élevés (7,5 g et 10 g) (Figure 13).



**Figure 13.** Taux de germination cumulé de *X. strumarium* dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil.

L’analyse de la variance (ANOVA) a révélé que la contamination a un effet significatif sur le taux de germination ( $P = 0,023316$ ) (Tableau 05).

**Tableau 05 :** analyse de la variance de la levée de la lampourde.

F1	SC	ddl	MC	F	P
Ord. Origine	36780,48	1	36780,48	135,1913	0,000000392
REP	4979,09	4	1244,77	4,5753	0,023316
Erreur	2720,63	10	272,06		

Pour le facteur concentration, le test de NEWMAN et KEULS (Tableau 06) a ressorti deux groupes homogènes où le sol témoin et les sols contaminés à 2.5 % et 5 % se situent dans le groupe (A) avec des taux moyens de germination respectifs de 66.66 %, 61.9 % et 61.9 %. Suivis des sols contaminés à 10 % qui forme le groupe (B) avec un taux moyen de germination de 19.04. En dernier, un groupe intermédiaire (AB) qui contient le sol contaminé à 7.5 %, ce qui montre que l’effet significatif du gasoil sur la germination dans le sol contaminé à 10 %.

**Tableau 06** : groupes homogènes de la levée de la lampourde déterminée par le test NEWMAN et KEULS.

F1	REP	Moyenne	Groupes
1	0 %	66.66	A
2	2.5 %	61.9	A
3	5 %	61,9	A
4	7.5 %	38.09	AB
5	10 %	19.04	B

Les figures 14 à 18 illustrent la levée des graines de la lampourde dans le sol témoin et les sols contaminés par le gasoil à différentes concentrations.



**Figure 14.** Levée des graines de la lampourde dans le sol témoin après deux semaines de culture.



**Figure 15.** Levée des graines de la lampourde dans le sol contaminé à 2.5 % après deux semaines de culture.



**Figure 16.** Levée des graines de la lampourde dans le sol contaminé à 5 % après deux semaines de culture.



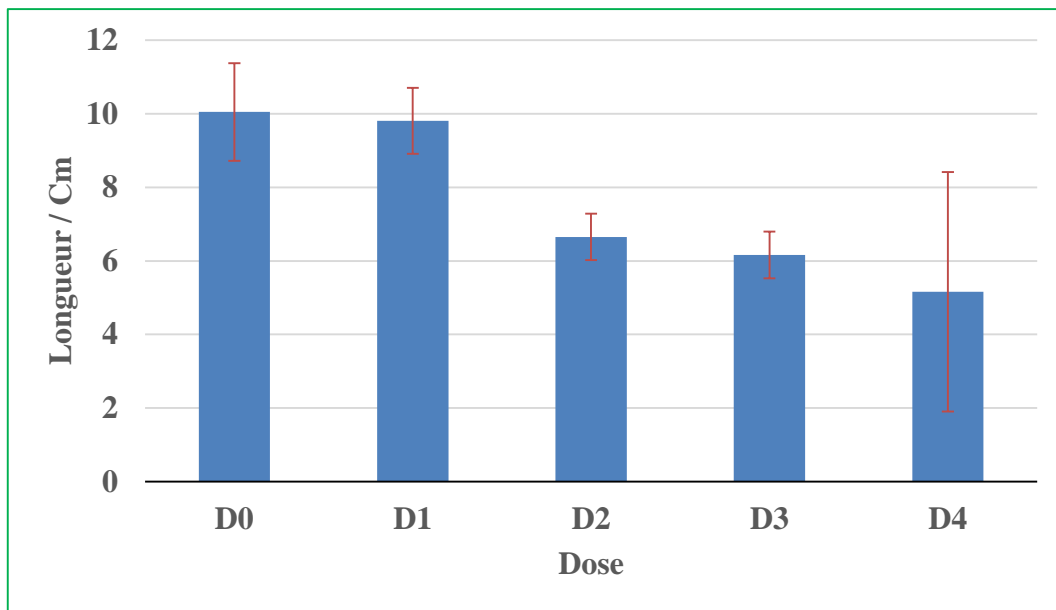
**Figure 17.** Levée des graines de la lampourde dans le sol contaminé à 7.5 % après deux semaines de culture.



**Figure 18.** Levée des graines de la lampourde dans le sol contaminé à 10 % après deux semaines de culture.

## 1.2. Longueur de la partie aérienne

L'effet toxique que le gasoil exerce sur le végétal apparaît clairement dans la croissance des plantes. La hauteur est exprimée en fonction du temps, dans les différents sols contaminés et témoin (Figure 19). Nous avons constaté au bout de la deuxième semaine de culture que la lampourde atteint une longueur moyenne maximale de 10.05 cm dans le sol témoin. Comparativement à ceux des sols contaminés à 2.5 %, 5 %, 7.5 % et 10 % qui sont respectivement de 7.79 cm, 6.65 cm, 6.18 cm et 5.16 cm. Cela reflète l'effet toxique du contaminant sur la croissance de la lampourde.



**Figure 19.** Hauteurs des plantes de la lampourde dans le sol témoin et les sols contaminés par le gasoil à différentes concentrations.

L'analyse de la variance a révélé des différences significatives ( $P=0,015058$ ) (Tableau 07).

**Tableau 07 :** analyse de la variance de la longueur moyenne de la partie aérienne des plantes de la lampourde.

F1	SC	Ddl	MC	F	P
Ord. Origine	858,9680	1	858,9680	307,9680	0,00000000767
REP	58,8998	4	14,7250	5,2794	0,015058
Erreur	27,8915	10	2,7891		

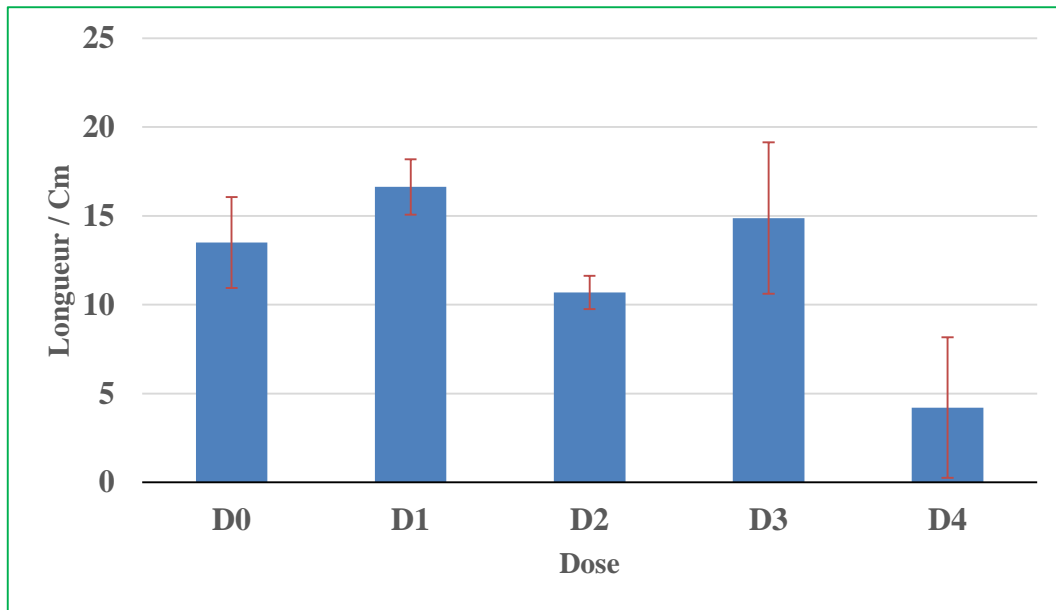
Le test NEWMAN et KEULS a révélé deux groupes homogènes pour le facteur concentration (Tableau 08). Le classement des moyennes de la longueur aérienne des plantes dans des groupes différents explique parfaitement que plus la concentration du gasoil augmente, plus son effet négatif sur la plante est important. Le sol témoin et celui contaminé à 2.5 % par le gasoil sont classés dans le groupe A avec des moyennes respectives de 10.05 et 9.79 cm. Ils sont suivis par le sol contaminé à 10% qui correspond au groupe B avec une moyenne de 5.16 cm. En dernier, le groupe intermédiaire (AB) est représenté par les sols contaminés à 5 et 7.5 % avec des moyennes respectives de 6.65 et 6.18 cm.

**Tableau 08 :** groupes homogènes de la longueur moyenne de la partie aérienne de la lampourde déterminés par le test NEWMAN et KEULS.

F1	REP	LMT	Groupes
1	0 %	10.05	A
2	2.5 %	9.79	A
3	5 %	6,65	AB
4	7.5 %	6.18	AB
5	10 %	5.16	B

### 1.3. Longueur de la partie racinaire

La longueur moyenne de la partie racinaire de la lampourde ayant poussé dans le sol témoin et les différents niveaux de contamination est présenté dans la figure 20.



**Figure 20.** Longueur moyenne de la partie racinaire de la lampourde dans le sol témoin et les sols contaminés par le gasoil à différentes concentrations.

D'après les résultats, de la figure 20 nous remarquons que la longueur moyenne de la partie racinaire chez la lampourde est très élevée dans le sol contaminé à 2.5 % avec une longueur moyenne maximale de 16.63 cm comparativement à celles du sol témoin et les sols contaminés à 5 et 7.5 % qui sont respectivement de 10.69 et 14.87 cm. Tandis qu'il est inférieur à 5 cm dans le sol contaminé à 10 %.

L'analyse de la variance pour la longueur moyenne de la partie racinaire de la lampourde cultivée dans le témoin et les différents niveaux de contamination par le gasoil a révélé une différence hautement significative ( $P = 0,003584$ ) pour le facteur (contamination) (Tableau 09).

**Tableau 09 :** analyse de la variance de la longueur moyenne de la partie racinaire des plantes de la lampourde.

F1	SC	Ddl	MC	F	P
Ord. origine	2153,765	1	2153,765	245,5593	0,0000000229
REP	282,716	4	70,679	8,0584	0,003584
Erreur	87,709	10	8,771		

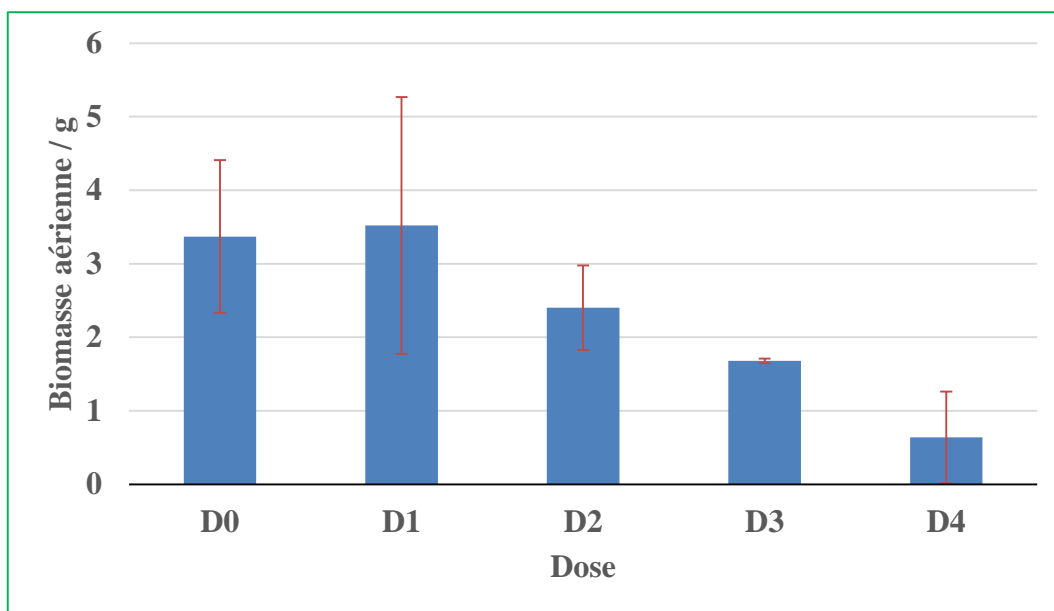
Le test de NEWMAN et KEULS a révélé deux groupes homogènes pour le facteur concentration (Tableau 10). Le classement de l'espèce dans deux groupes différents explique parfaitement qu'il y a une différence hautement significative entre les longueurs racinaires dans les sols contaminés à différentes concentrations. Le sol témoin et les sols contaminés à 2.5, 5 et 7.5 % sont classés dans le groupe (A) avec des moyennes respectives de 13.5, 16.63, 10.69 et 14.87 cm. Ils sont suivis par le sol contaminé à 10% qui correspond au groupe (B) avec une longueur moyenne de 4.21 cm.

**Tableau 10** : groupes homogènes de la longueur moyenne de la partie racinaire de la lampourde déterminés par le test NEWMAN et KEULS.

F1	REP	LMR	Groupes
1	0 %	13.5	A
2	2.5 %	16.63	A
3	5 %	10.69	A
4	7.5 %	14.87	A
5	10 %	4.21	B

#### 1.4. Biomasse aérienne

L'inhibition du développement de la végétation par les hydrocarbures est bien illustrée par les résultats obtenus après la mesure de la biomasse aérienne. Ceci est représenté dans la figure 21 qui illustre la biomasse aérienne de la lampourde dans le sol à différents niveaux de contamination et le sol témoin.



**Figure 21.** Biomasse aérienne de la lampourde dans le sol témoin et les sols contaminés par le gasoil à différentes concentrations.

D'après cette figure, la biomasse aérienne de la lampourde dans les différents niveaux est représentée par des masses variables. La plus importante correspond au sol contaminé à 2.5 % avec une masse de 3.52 g. Pour le sol témoin nous enregistrons une masse moyenne de 3.37 g. Pour les autres sols contaminés, nous observons une diminution progressive dans les sols contaminés à 5, 7.5 et 10 %, avec des masses moyennes respectives de 2.4, 1.68 et 0.64 g. Cette réduction serait due aux effets néfastes des hydrocarbures qui peuvent entraîner des modifications sur la végétation.

L'analyse de la variance de la biomasse aérienne a révélé une différence significative ( $P = 0,024774$ ) pour le facteur (contamination) (Tableau 11).

**Tableau 11 :** analyse de la variance de la biomasse moyenne de la partie aérienne des plantes de la lampourde.

F1	SC	ddl	MC	F	P
Ord. Origine	81,15414	1	81,15414	83,85020	0,00000354
REP	17,35229	4	4,33807	4,48219	0,024774
Erreur	9,67847	10	0,96785		

Le test de NEWMAN et KEULS a donné deux groupes homogènes pour le facteur concentration (Tableau 12). Ce qui montre que l'effet du gasoil est significatif sur les sols contaminés à différentes concentrations. Cet effet est plus important au-dessus de la dose 2.5 % du gasoil. Le sol témoin et le sol contaminé à 2.5 % sont classés dans le groupe (A) avec des masses moyennes respectives de 3.37 et 3.52 g. Ils sont suivis par le sol contaminé à 10 % qui correspond au groupe (B) avec une moyenne de 0.64 g. Enfin un groupe intermédiaire (AB) est représenté par les sols contaminés à 5 et 7.5 % avec des masses moyennes respectives de 2.4 et 1.68 g.

**Tableau 12** : groupes homogènes de la biomasse moyenne de la partie aérienne de la lampourde déterminée par le test NEWMAN et KEULS.

F1	REP	BA	Groupes
1	0%	3.37	A
2	2.5 %	3.52	A
3	5 %	2.4	AB
4	7.5 %	1.68	AB
5	10 %	0.64	B

## 2. Discussion

Malgré la présence du gasoil dans le sol à différentes concentrations, *Xanthium strumarium* a montré une tolérance à la contamination par le diesel, germant avec succès à certains niveaux de contamination. De plus, des stimulations de la partie racinaire ont été observées. Par contre, il a constaté une réduction dans leur croissance aérienne à tous les niveaux (hauteur et la biomasse aérienne).

### 2.1. Germination

Nous avons constaté que des niveaux élevés de concentration du gasoil (7.5 % et surtout 10 %) affectaient la germination de *X. strumarium*. Par contre, les graines semées dans les sols contaminés à 2.5 et 5 % ont résisté aux effets du gasoil et ont germé. Les effets de la contamination du carburant diesel sur la germination des espèces végétales ont été montré dans différentes études. Par exemple, Dib et Sadoudi Ali Ahmed (2019) ont montré que le pourcentage de germination du *X. strumarium* a diminué de manière significative en présence

d'une contamination par le gasoil. De même, Holt (1987 in Khan et Shaukat, 2009), en étudiant leur étude les effets des huiles brutes et du diesel sur les communautés végétales, au nord-est du Groenland, ont constaté que le diesel est révélé inhibiteur de la germination des plantes.

L'effet inhibiteur du diésel s'est manifesté essentiellement par un retard de germination et la pourriture de quelques graines. D'après Udo et Fayemi (1975 in Chaineau et al., 1997), le pétrole peut entrer dans les graines, empêcher et altérer les réactions métaboliques et / ou tuer l'embryon par une toxicité aigüe. Les graines de *X. strumarium* sont enfermées dans un fruit, ce qui pourrait fournir une protection supplémentaire contre le diesel. Cela pourrait expliquer la tolérance de cette espèce végétale à la contamination par le diesel (Dib et Sadoudi Ali Ahmed, 2019).

En outre, il y a également une forte évidence que la germination est corrélée avec les propriétés des hydrocarbures (l'hydrophobie) qui empêche et / ou réduit les échanges d'eau et de gaz et surtout l'oxygène assimilés par les graines. Cela inhibe la germination et explique le retard de levée (Udo et Fayemi, 1975 in Chaineau et al., 1997 ; Amakiri et Onofeghara, 1984 ; Adam et Duncan, 2002). Une autre explication consisterait au fait que la fraction volatile du gasoil peut donner lieu à un effet inhibiteur à des températures inférieures. Cet effet peut retarder la levée des graines (Adam et Duncan, 2002). Nous avons mené l'expérience dans la période du 20 septembre au 5 octobre. Les températures étant basses pendant cette période, surtout le soir.

Enfin, Henner et al. (1999 in Bona et al., 2011) ont rapporté que les hydrocarbures pétroliers composés de petites molécules et de celles qui sont solubles dans l'eau sont plus phytotoxiques pour la germination.

## 2.2. Longueur de la partie aérienne

La hauteur des pousses a été significativement réduite par la présence du gasoil dans le sol, plus la concentration de gasoil est élevée, plus la hauteur des pousses est basse.

Des diminutions de la croissance des plants dans les sols contaminés ont également été enregistrés pour d'autres espèces. Kuhn et al. (1998) in Bona et al. (2011) ont signalé une diminution de la taille de *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae) cultivée dans des sols contaminés par le gasoil. Dans cette expérience, le contaminant a été ajouté directement au sol, sans temps d'intervalle entre la contamination et la plantation.

Cette réduction peut être attribuée à l'effet des hydrocarbures sur la modification des propriétés physico-chimiques du sol et aussi à la disponibilité des éléments nutritifs. A ce propos, Chaineau et *al.* (1997) ont attribué la réduction de la croissance des plantes, lors d'une contamination du sol par les hydrocarbures, au déficit alimentaires causé par ceux-ci.

D'après Chaineau et *al.* (2000), la hauteur des plantes diminue avec l'augmentation de la concentration des hydrocarbures. Cela serait dû à leur phytotoxicité qui inhibe, pour une longue période, le développement de la végétation. En effet leur phytotoxicité dépend de la dose, du type d'hydrocarbure et des espèces végétales (Duchaufour, 1997).

Certains travaux qui sont réalisé au sein de notre laboratoire sur *X. strumarium* ont signalé la réduction de la longueur de la partie aérienne dans un sol contaminé par le gasoil (Dib et Sadoudi Ali Ahmed, 2019 ; Mouzaoui et Benmansour, 2019). Il y'a de nombreuses études sur d'autres espèces : Khan D. et Shahid Shaukat S (2009) ont montré que la pollution par le gasoil a un effet sur la croissance de *Thespesia populnea* (L.), Chaineau et *al.* (1997) ont constaté que le gasoil a provoqué une réduction de la croissance des plantes étudiées : (*Lactuca sativa* L.), (*Hordeum vulgare* L.), (*Trifolium repens* L.), (*Zea mays* L.), (*Phaseolus vulgaris* L.) et (*Triticum aestivum* L.).

### 2.3. Longueur de la partie racinaire

A partir des analyses statistiques effectuées, on a pu déduire que la présence des hydrocarbures dans le sol a une influence positive sur la longueur du *X. strumarium* à certains niveaux de contamination (2.5, 5 et 7.5 g). Même s'il y avait une réduction au niveau de contamination de 5 g, la longueur observée était proche de celle de témoin (le témoin et les niveaux de contamination 2.5 g, 5 g et 7.5 g sont représentés dans le même groupe homogène).

Maliszewska-Kordybach et Smreczak (2000) ont remarqué une certaine stimulation de la longueur des racines dans les sols contaminés avec les HAP. Ainsi, *X. Strumarium* peut être considérée parmi les espèces végétales qui peuvent tolérer certains niveaux de contamination (Dib et Sadoudi Ali Ahmed, 2019). En effet, les plantes de la famille des Astéracées sont utilisées pour la phytoremédiation de certains contaminants (phytoremédiation des métaux lourds) (Khalid et *al.*, 2019).

Cependant, de nombreuses études ont montré que la contamination par les hydrocarbures induit une réduction de la longueur des racines. C'est le cas du travail de Norini (2007) qui

note que la diminution de la croissance racinaire peut être due aux propriétés hydrophobes des hydrocarbures qui peuvent limiter / empêcher l'effet bénéfique de l'association plantes-micro-organismes. Cette même constatation a été faite durant notre expérimentation dans le niveau de la contamination le plus élevé (10 g).

#### 2.4. Biomasse aérienne

En nous appuyant sur les résultats obtenus concernant la biomasse aérienne moyenne, nous constatons que l'espèce étudiée a réagi différemment aux différents niveaux de contamination par le diesel.

Dans certains cas, après un déversement d'hydrocarbures, une augmentation dans la croissance et le développement de certaines espèces peut être observé (Bona et *al.*, 2011). Nous avons fait la même constatation, à certains niveaux de contamination (2.5 g) en notant une augmentation de la masse de la partie aérienne par rapport au témoin. Beker (1971 *in* Bona et *al.*, 2011) a noté que la présence de l'huile peut tuer certains organismes présents dans sol, augmentant la matière organique disponible.

Cependant, de nombreuses études ont montré que la contamination par les hydrocarbures induit une réduction de la biomasse végétale. En effet, Chaîneau et *al.* (1997) a remarqué une réduction de 99 % de la biomasse des plantes cultivées (Poaceae) dans un sol contaminé par les hydrocarbures. Nous avons fait la même constatation dans notre expérience à un niveau de contamination supérieur ou égal à 5 g.

Daniel-Kalio et Pepple (2006 *in* Bona et *al.*, 2011) ont constaté que l'intervalle de temps entre contamination et plantation de plantes affecte la biomasse végétale.

En outre, Alkio et *al.* (2005 *in* Bona et *al.*, 2011) ont rapporté que la réduction de la biomasse aérienne dans le sol contaminé aux hydrocarbures est causée par l'effet toxique de l'absorption des contaminants par les plantes.



# Conclusion et perspectives

Le présent travail a porté sur l'étude de l'effet des différentes concentrations du gasoil (0, 2.5, 5, 7.5 et 10 %) sur la germination et la croissance de la lampourde, afin d'évaluer leur degré de tolérance. Par le biais d'une étude au laboratoire, quelques paramètres de la végétation ont été examinés.

D'après nos résultats, nous pouvons conclure que le gasoil à des concentrations élevées est toxique sur *X. strumarium*. Cela se traduit par une diminution du rendement végétal confirmé par : le taux de levée, la hauteur des plantes, la longueur racinaire et la biomasse végétale.

En parallèle, ce travail nous a permis de montrer la réussite du *Xanthium strumarium* à germer à certains niveaux de contamination par le gasoil. Cependant, des niveaux de contamination élevés (7.5 et 10 g) ont retardé et ont réduit le taux de levée.

La longueur moyenne de la partie aérienne et la biomasse aérienne des pousses du *X. strumarium* ont été affectées négativement par la présence du gasoil, et son effet devient plus important au fur et à mesure que la concentration augmente dans le sol.

Par contre, une relation positive a été signalée au niveau de la longueur moyenne de la partie racinaire à certains niveaux de contaminations (2.5, 5 et 7.5 g), cependant une réduction dans le dernier niveau de contamination (10 g) est enregistrée.

Au terme de ce travail, il paraît intéressant de :

- Réaliser cette expérience sur le terrain pour mieux évaluer la tolérance de cette espèce à cette pollution dans les conditions naturelles.
- Utiliser cette espèce dans des tests de phytoremédiation, pour déterminer son efficacité dans la décontamination des sites contaminés par les hydrocarbures.
- Planter le fruit et la graine du *Xanthium strumarium* au même temps, pour la comparaison des deux tests.



# Références bibliographiques

- 1- **ADAM G. et DUNCAN H. J., 1999.** Effect of diesel fuel on growth of selected plant species. *Environ. Geochem.Hlth.* Vol. 21(4) : 353-357.
- 2- **ADAM G. et DUNCAN H., 2002.** Influence of diesel fuel on seed germination. *Environ Pollut.* Vol. 120(2) : 363–370.
- 3- **ADIPAH S., 2019.** Introduction of Petroleum Hydrocarbons Contaminants and its Human Effects. *Journal of Environmental Science and Public Health.* Vol. 3(1): 1-9.
- 4- **AMAKIRI J. O. et ONOFEGHARA F. A., 1984.** Effects of crude oil on the germination of *Zea mays* and *Capsicum frutescens*. *Environ. Pollut.* Vol. 35(2) : 159-167.
- 5- **ARNAUD P., 2004.** Chimie organique. Edition DUNOD, Paris, 208 p.
- 6- **BAKER J.M., 1970.** The effects of oils on plants. *Environ. Pollut.* Vol. 1 : 27-44.
- 7- **BELANGER G., 1984.** Meta : journal des traducteurs / Meta : Translators' Journal. Vol. 29(4) : 387-394.
- 8- **BONA C., IGOR M., SANTOS G. et LUIZ A., 2011.** Effect of soil contaminated by diesel oil on the germination of seeds and the growth of *schinus terebinthifolius Raddi* (Anacardiaceae) seedlings. Vol. 56(6) :1379-1387.
- 9- **Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du QUÉBEC., 2015.** Hydrocarbures pétroliers : caractéristiques, devenir et criminalistique environnementale –Études GENV222 et GENV23, Évaluation environnementale stratégique globale sur les hydrocarbures. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 41 p.
- 10- **CHAGNEAU C.H., MOREL J.L. et OUDOT J., 2000.** Bioremediation and biodegradation. Biodegradation of fuel Oil Hydrocarbons in the rhizosphere of Maize. *J. Environ. Quality.* Vol. 29(2) : 569 - 578.
- 11- **CHAGNEAU C.H., MOREL J.L., OUDOT J., 1997.** Phytotoxicity and plant Uptake of fuel oil hydrocarbons. *J. Environ. Quality.* Vol. 26(6) : 1478-1483.
- 12- **CHITOUR S.E., 1983.** Raffinage du pétrole. Edit. O.P.U, 33 p.
- 13- **COLIIN F., 2000.** Pollution localisée des sols et sous-sols par les hydrocarbures et par les solvants chlorés. Edition TEC ET DOC, 417p.
- 14- **COLOMBANO S., SAADA A., VICTOIRE E., GUERIN V., ZORNIG C., AMALRIC L., BLESSING M., WIDORY D., HUBE D., BLANC C. avec la collaboration de HONRADO J.C. et GASSIAT B., 2014.** Nature des produits

- pétroliers et origine du vieillissement : tentative de l'identification de la source via la prise en compte des impacts et l'analyse de l'âge approximatif des déversements. Rapport final. Rapport BRGM RP. 6417. FR, 163 p.
- 15- DAVIS R G., WIESE A. F. et PAFFARD J. L., 1965.** Root moisture extraction profiles of various weeds. *Weeds*. Vol. 13(2) : 98-100.
- 16- DIAGNE P.N. et TALHI R., 1999.** Pollution des sols agricoles par les hydrocarbures ; essai d'amélioration de la nutrition azotée de cultures sensibles. Mémoire d'Ingénieur d'Etat. INA. EL HARRACH. Alger, 85 p.
- 17- DIB D. et SADOUDI ALI AHMED D., 2019.** Influence of diesel fuel contamination on *Xanthium strumarium L.* germination and growth. *International Journal of Phytoremediation*. Vol. 22(3) : 1-5.
- 18- DUCHAUFOR P., 1997.** Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement, (Enseignement des sciences de la terre) ST. 5eme édition. Edition MASSON, 291 p.
- 19- FAN W., FAN L., PENG C., ZHANG Q., WANG L., LI L., WU C., 2019.** Traditional Uses, Botany, Phytochemistry, Pharmacology, Pharmacokinetics and Toxicology of *Xanthium strumarium L.*: A Review. *Molecules*. Vol. 24(2) : 359.
- 20- FATTAL P., 2008.** Pollution des côtes par les hydrocarbures. Presse Universitaire de Rennes, 396 p.
- 21- FRICK C. M., FARRELL R. E. et GERMIDA J. J., 1999.** Assessment of Phytoremediation as an in situ technique for cleaning oil-contaminated site. Petroleum Technology Alliance Canada, Calgary, 88 p.
- 22- GUIBET J.C., 1997.** Carburants et moteurs : technologies, énergie et environnement, Edition Technip, Paris : 21-70.
- 23- HENNER P., SCHIAVON M., MOREL J.L., LICHTFOUSE E., 1997.** Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) occurrence and remediation methods. *Analysis, EDP Sciences*. Vol. 25(10) : 56-59.
- 24- KAMBOJ A. et SALUJA A., 2010.** Phytopharmacological review of *Xanthium strumarium L.* (Cocklebur). *International Journal of Green Pharmacy*. Vol. 4(3) : 129-139.
- 25- KHALID N., NOMAN A., AQEEL M., MASOOD A., TUFAIL A., 2019.** Phytoremediation potential of *Xanthium strumarium* for heavy metals contaminated soils at roadsides. *Int J Environ Sci Technol*. Vol. 16(4) : 2091-2100.

- 26- **KHAN D. et SHAHID SHAUKAT S., 2009.** Effects of diesel oil-polluted soil on emergence and growth of seedlings of *Thespesia populnea* (L.) sol. ex. corr. Int. J. Biol. Biotech. Vol. 6(4) : 289-298.
- 27- **KOLLER E., 2004.** Traitement des pollutions Industrielles (eau, air, déchet, sol, boues). Edition DUNOD. Paris, 424 p.
- 28- **LEFEBVRE G., 1978.** Chimie des hydrocarbures. Edition TECHNIP. Paris, 424 p.
- 29- **LÖVE D. et DANSEREAU P., 1959.** Biosystematic studies on *Xanthium*: taxonomic appraisal and ecological status. Canadian Journal of Botany. Vol. 37(2) :173–208.
- 30- **MARCHAL R., PENET S., SOLANO-SERENA F., VANDECASTEELE J. P., 2003.** Gasoline and Diesel Oil Biodegradation. Oil & Gas Science and Technology. Revue d'IFP Energies nouvelles, Institut Français du Pétrole. Vol. 58(4) : 441-448.
- 31- **MASLZANSKII G. N., TSYRKIN E. B. et RABINOVICH G. L., 1977.** Status of aromatic hydrocarbon production. Chemistry and Technology of Fuels and Oils. Vol. 13(11) : 794–801.
- 32- **MIRALES G., 2007.** Devenir d'une contamination pétrolière dans des sédiments côtiers infralittoraux et son impact sur les communautés bactériennes. Thèse de Doctorat, Université de la Méditerranée (Aix-Marseille II), Marseille, France, 231p.
- 33- **MOLINA BARAHONA L., VEGA LOYO L., GUERRERO M., RAMIREZ S., ROMERO I., VEGA JARQUIN C., ALBORES A., 2005.** Ecotoxicological evaluation of diesel-contaminated soil before and after a bioremediation process. Environ Toxicol. Vol. 20(1) :100–109.
- 34- **NJOKU K. L., AKINOLA M. O. et TAIWO B. G., 2009.** Effect of gasoline diesel fuel mixture on the germination and the growth of *Vigna unguiculata*. (Cowpea) Environmental biology laboratory. Department of cell biology and genetics university of lagos. Akoka lagos. Nigeria. Vol. 7(10) : 466-471.
- 35- **NOURI J., KHORASANI N., LORESTANI B., KARAMI M., HASSANI AH., YOUSEFI N., 2009.** Accumulation of heavy metals in soil and uptake by plant species with phytoremediation potential. Environ Earth Sci. Vol. 59(2) :315-323.
- 36- **OGBO E. M., 2009.** Effects of diesel fuel contamination on seed germination of four crop plants. *Arachis hypogaea, Vigna unguiculata, Sorghum bicolor* and *Zea mays*. African J. Biotechn. Vol. 8(2) : 250-253.
- 37- **PICOT A. et MONTANDON F., 2013.** Écotoxicochimie appliquée aux hydrocarbures. Edition TEC ET DOC, Paris, 668 p.
- 38- **RAMADE F., 1992.** Précis d'écologie. 6<sup>ème</sup> édition Masson. Paris, 300 p.

- 39- ROCHER V., 2003.** Introduction et stockage des hydrocarbures et des éléments métalliques au sein du réseau d'assainissement unitaire parisien. Autre. Ecole des Ponts ParisTech. Français, 223 p.
- 40- SAADA A., NOWAK C. et COQUEREAU N., 2005.** Etat des connaissances sur l'atténuation naturelle des hydrocarbures. Rapport intermédiaire : résultats de la phase 1. Rapport BRGM/RP-53739.FR, 107 p.
- 41- SHAHSAVARI E., ADETUTU E.M., ANDERSON P.A. et BALL A.S., 2013.** Tolerance of Selected Plant Species to Petrogenic Hydrocarbons and Effect of Plant Rhizosphere on the Microbial Removal of Hydrocarbons in Contaminated Soil. Water, Air, & Soil Pollution. Vol. 224(4) : 1-14.
- 42- SPEIGHT., 2014.** The Chemistry and Technology of Petroleum. Fifth Edition. CRC Press, États-Unis, 984 p.
- 43- TANG J., WANG M., WANG F., SUN Q. et ZHOU Q., 2011.** Eco-toxicity of petroleum hydrocarbon contaminated soil. J Environ Sci. Vol. 23(5) : 845-851.
- 44- VERDIN A., LOUNES-HADJ SAHRAOUI A. et DURAND R., 2004.** Les agents de la bioremédiation des sols pollués par les hydrocarbures polycyclique aromatiques. N° 36. 4e trimestre : 30- 37.
- 45- WEAVER S.E. et LECHOWICZ M.J., 1982.** The biology of Canadian Weeds. 56. *Xanthium strumarium L.* Can. J. Plant Sci. Vol. 63(1) : 211-225.

**Site internet**

- ❖ [www.semillasbatlle.com](http://www.semillasbatlle.com)

## Résumé

Ce travail a été réalisé afin de mettre en évidence l'effet de la contamination par le gasoil sur les graines du *Xanthium strumarium*. Cinq semis ont été réalisés selon différentes doses (0, 2,5, 5, 7,5 et 10 g de diesel pour 100 g de substrat), où nous avons utilisé le Terreau universel comme un substrat. Le taux de germination a diminué de manière significative avec l'augmentation de la concentration de diesel et le pourcentage de germination le plus élevé (66.66 %) a été enregistré dans le sol témoin. La présence du diesel a provoqué une réduction significative de la longueur des pousses et la biomasse aérienne, mais le déclin a été important à 7.5 g de diesel. En ce qui concerne la longueur de la racine, elle a été influencée positivement par la présence du carburant. Ainsi nous pouvons conclure que *X. strumarium* tolère certaines concentrations du gasoil. Par conséquent, nous pouvons le proposer comme candidat potentiel pour la phytoremédiation de sites contaminés au diesel.

**Mots clés :** Germination, croissance, contamination, diesel, phytotoxicité, *Xanthium strumarium*.

## Abstract

This work was carried out in order to demonstrate the effect of diesel contamination on the seeds of *Xanthium strumarium*. Five seedlings were carried out at different doses (0, 2.5, 5, 7.5 and 10 g of diesel per 100 g of substrate), where we used Universal Compound as a substrate. The germination rate decreased significantly with increasing diesel concentration and the highest germination percentage (66.66%) was recorded in the control soil. The presence of diesel caused a significant reduction in shoot length and aboveground biomass, but the decline was significant at 7.5 g of diesel. Regarding the length of the root, it was positively influenced by the presence of fuel. Thus we can conclude that *X. strumarium* tolerates certain concentrations of diesel. Therefore, we can propose it as a potential candidate for the phytoremediation of diesel contaminated sites.

**Keywords :** Germination, growth, contamination, diesel, phytotoxicity, *Xanthium strumarium*